

⑫ 公開特許公報 (A)

昭57-196015

⑬ Int. Cl.³
F 23 N 5/00

識別記号

庁内整理番号
7411-3K⑭ 公開 昭和57年(1982)12月1日
発明の数 1
審査請求 未請求

(全 7 頁)

⑮ ポイラの燃焼状態監視制御方法

⑯ 特 願 昭56-80932

⑰ 出 願 昭56(1981)5月29日

⑱ 発明者 藤本健悦

調布市西つつじヶ丘2-4-1
東京電力株式会社技術開発研究
所内

⑲ 発明者 望月国春

調布市西つつじヶ丘2-4-1
東京電力株式会社技術開発研究
所内

⑳ 発明者 鈴木治朗

狛江市岩戸北2丁目11番1号財

⑲ 発明者 濑間徹

狛江市岩戸北2丁目11番1号財
團法人電力中央研究所エネルギー
一環境技術研究所内

㉑ 発明者 栗原伸夫

日立市幸町3丁目1番1号株式
会社日立製作所日立研究所内
東京電力株式会社
東京都千代田区内幸町1丁目1
番3号

㉒ 代理人 弁理士 高橋明夫

最終頁に続く

明細書

発明の名称 ポイラの燃焼状態監視制御方法

特許請求の範囲

1. 蒸気を発生するポイラの燃焼過程で生成される排ガスの組成成分を監視制御する方法において、該ポイラ火炉内への排ガス注入量を調整する複数個のダンバ各々の排ガス注入量に関する信号を入力とし、

該入力された信号と該排ガスの組成成分との関係を示す演算モデルにより該入力された信号における排ガス組成成分を演算し、

該演算された排ガス組成成分が規制値を満足するように該複数のダンバ開度を調整することを特徴とするポイラの燃焼状態監視制御方法。

2. 前記特許請求の範囲第1項記載において該演算モデルは少なくとも当該ダンバ操作量を含む状態量を独立変数とし、NO_x濃度、CO濃度、ばいじん濃度、スプレー水量のそれぞれを従属変数とする回帰分析モデルを用いることを特徴とするポイラの燃焼状態監視制御方法。

3. 前記特許請求の範囲第2項記載において、該排ガス組成成分のうちNO_x成分を目標値に保つための該複数ダンバ各々の排ガス注入量に関する信号を該演算モデルにより演算し、

該演算された信号に基づいて該ダンバ開度を調整しNO_x目標値を保つことを特徴とするポイラの燃焼状態監視制御方法。

4. 前記特許請求の範囲第3項記載において、少なくともCO濃度、ばいじん濃度があらかじめ定められた制限値を満足するように該複数ダンバの開度を制御することを特徴とするポイラの燃焼状態監視制御方法。

5. 前記特許請求の範囲第3項において、該NO_x成分が目標値に保つためのダンバ開度を用いて少なくともCO濃度、ばいじん濃度を予測することを特徴とするポイラの燃焼状態監視制御方法。

6. 前記特許請求の範囲第1項記載の排ガス注入量に関する信号を求めるステップにおいて、当該ダンバの操作量とポイラの蒸気温度があらかじめ定められた制限値を満たすスプレー水量との関係

を表わすモデルにより該スプレー水量を予測することを特徴とするボイラの燃焼状態監視制御方法。発明の詳細な説明

本発明は、火力発電プラント等におけるボイラの燃焼制御方法に係わり、特に環境規制による NO_x 低減運転を行なうに好適な制御方法に関するもの。

電力事情の緊迫した夏期での高負荷運転時において、光化学スモッグが発生したような緊急を要する場合の火力発電用ボイラの運転対応には、微妙な調整を伴い、むずかしいものがある。

このような環境上の運転規制に対してはプラントの経済的運用を第二義として、排ガス循環量の増加、低窒素燃料のブレンド比率の変更あるいはさらに気象条件が厳しいときには発電出力を抑制することもある。これらの環境規制に対する運転対応のうち、特に排ガス循環量を調節は必ず試行されるから調節頻度が高い。この調節は、単に NO_x 濃度を低減するだけでなく、 CO 濃度やばいじん濃度といった他の環境因子を抑制し、さら

に力制御特性（多少のバラツキがあるとしても平均的には再現性のある定値を示すこと）を実運転中のボイラにおける試験で確認し、混合ガス系ダンバの操作量と排ガス組成との関係を統計的な数学モデルで実測値データにもとづいて把握し、この数学モデルを利用しや要請された排ガス組成を得るための混合ガス系ダンバの操作量を定め、ダンバ制御をおこなうことにある。

以下本発明の具体的な実施例について述べる。

第1図は本発明になる燃焼制御装置18を使用した一実施例を示す。ボイラ1はボイラ自動制御装置17により、空気量101、燃料量102、飽和蒸気量103を調節して中給負荷指令201に応じた主蒸気量105、再熱蒸気量106をタービン側に出力する。この時、ボイラ自動制御装置17はボイラ排ガスを再循環ガスファン7、再循環ガスファン8で調節して炉内のガス流速を変え、過熱器5と再熱器6における熱吸収量を制御するとともに再熱スプレー調整弁16、主蒸気スプレー調整弁15で減温器13、14におけるス

には蒸気温度の上昇を防ぐなど安全性への配慮が必要である。そのための各種操作パラメータの適切な配分を決定するには高度な技術が要請される。従来、この排ガス循環量の調節は熟練した運転員に委ねられているが、30分あるいはそれ以上の遅れを伴うのが実情である。また、複雑な調節作業は運転員の負担となつてきていることも事実である。

本発明の目的は上記した従来技術の欠点を解消すべく、排ガス循環系の操作因子と排煙性状及び蒸気温度の制御特性との相関関係を効果的に利用することにより、光化学スモッグ発令時の運転対応を自動的に決定する制御方法を提供し、操作の迅速化、簡略化、的確性を図ることにあります。

混合ガス系ダンバの調整により NO_x 濃度などの排ガス組成を制御する場合、実際のボイラでは、燃焼プロセスの動搖、発電出力あるいはボイラ出力制御系の調整具合などによつて各ダンバの最適な操作量は変動する。本発明の特徴は、発電出力を一定に保つた状態での燃焼性状及びボイラの出

ブレー水柱107、108を調節して蒸気温度205を制御する。なお第1図において、2は強制押込ファン、3は空気ダンバ、4は燃料調整弁、9は混合ガスファン、10は混合ガスダンバ、11は一次ガスダンバ、12は混合ガス調整ダンバ、20は混合ガス調整器、104はタービン出口蒸気を示している。

本発明になる燃焼制御装置18は、燃焼状態予測器19と混合ガス調整器20から構成される。燃焼状態予測器19は、発電出力204、蒸気温度205、混合ガス系ダンバ開度信号206、排ガス組成信号（ガスO₂信号207、 NO_x 濃度信号208、CO濃度信号209、OP濃度信号210）をそれぞれ入力して、排ガス組成と各状態量との関係を示す統計的数学モデルを作成する。ここで、OPはばいじん（Opacity）を表わす。混合ガス調整器20は、 NO_x 低減指令信号213、発電出力204、ガスO₂信号207を入力し、上記の燃焼状態予測器19で作成された数学モデルを用いて計算し、 NO_x 濃度を目標値にまで低

減する混合ガス系ダンバ操作指示信号212と蒸気温度を規定値に保つに必要なスプレー弁調整信号211を出力する。

なお108は主蒸気スプレー水を、213はNOx低減指令信号を、214は再循環ガスダンバ調整信号を、202は燃料量調整信号を、203は空気調整ダンバ信号を示す。

第2図は本発明になる燃焼制御装置18における燃焼状態予測器19の一実施例のフロー図を示す。第2図における演算フローは、マニュアルによる動作要求を受けた後に、一定周期で演算動作を行ない、回帰分析による数学モデルの作成を完成するまで継続する。演算動作の内容は以下に述べる通りである。負荷整定判定ステップ401では発電出力信号 x_{11} を入力し、(1)で変化率 \dot{x} を計算し、(2)、(3)式に従つて負荷が変動中であるか整定しているかを判定する。

$$\dot{x}_a = \frac{6}{M(M^2-1)T_B} \sum_{i=0}^{M-1} (M-1+2i)x_{M-1-i} \quad \dots(1)$$

$$\dot{x}_a \geq \dot{x}_L : \text{負荷変動中} \quad \dots(2)$$

$$x_{11} = MW \text{ (発電出力)}$$

$$x_{12} = O_2 \text{ (ガスO_2)}$$

$$x_{13} = GRD^2$$

$$x_{14} = GMFD^2$$

$$x_{15} = PGD^2$$

$$x_{16} = GMD^2$$

$$x_{17} = 1/MW$$

$$x_{18} = 1/O_2$$

$$x_{19} = GRD \times GMFD$$

$$x_{20} = GRD \times PGD$$

$$x_{21} = GMFD \times PGD$$

$$x_{22} = GMFD \times GMD$$

$$x_{23} = PGD \times GMD$$

.....(6)

$$y_{11} = NO_x \text{ 濃度}$$

$$y_{12} = CO \text{ 濃度}$$

$$y_{13} = OP \text{ 濃度}$$

.....(7)

$$y_{14} = \text{過熱器スプレー水量}$$

$$y_{15} = \text{再熱器スプレー水量}$$

$$\dot{x}_a < \dot{x}_L : \text{負荷整定中} \quad \dots(3)$$

ここで、Mはデータ個数、 $i = 0, 1, 2, \dots, M-1$ 、nは現在値を示すサフィックスである。

\dot{x}_L は整定時の負荷変動幅を考慮してあらかじめ定められた閾値を示している。

データ入力ステップ402では下記データを独立変数X及び従属変数Yに分けて入力する。

$$X = \begin{bmatrix} x_{11}, x_{12}, \dots, x_{1n} \\ x_{21}, x_{22}, \dots, x_{2n} \\ \dots \\ x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nn} \end{bmatrix} \quad \dots(4)$$

$$Y = \begin{bmatrix} y_{11}, y_{12}, \dots, y_{1n} \\ y_{21}, y_{22}, \dots, y_{2n} \\ \dots \\ y_{n1}, y_{n2}, \dots, y_{nn} \end{bmatrix} \quad \dots(5)$$

ここで、 $x_{11} = GRD$ (再循環ガスダンバ開度)

$x_{12} = GMFD$ (混合ガスダンバ開度)

$x_{13} = PGD$ (1次ガスダンバ開度)

$x_{14} = GMD$ (混合ガス調整ダンバ開度)

積和平方和マトリクスステップ403では(8)式で示す独立変数Xとその転置マトリクス X^T の積を計算する。

$$S = X^T \cdot X \quad \dots(8)$$

全データ収録判定ステップ404ではデータの入力回数がm回となつたら収録を終了する。次に回帰分析ステップ405であるが、はじめに回帰分析の原理について簡単に説明する。線形回帰モデルが(1)式で与えられるものとする。

$$y = X \cdot \beta + e \quad \dots(9)$$

$$\text{ここで} \quad y = [y_{11}, y_{12}, \dots, y_{1n}]^T \quad \dots(10)$$

未知数ベクトル β は(10)式とする。

$$\beta = [\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n]^T \quad \dots(11)$$

また、ランダムノイズベクトルは(11)式とする。

$$e = [e_1, e_2, \dots, e_n]^T \quad \dots(12)$$

なお、 $E[e] = 0$ 、 $C[e] = \sigma^2 I$ 。

I_m はm字の単位マトリクス。

Gauss-Markoffの定理から β の最良線形不偏推定量は、残差平方和 S_e を最小とする β の不偏推定量 $\hat{\beta}$ である。残差平方和 S_e は、

$$\begin{aligned}
 S_{\beta} &= e^{-\tau} \cdot e = (y - X \cdot \beta)^T (y - X \cdot \beta) \\
 &= (y^T - \beta^T \cdot X^T) (y - X \cdot \beta) \\
 &= y^T y - y^T X \beta - \beta^T X^T y + \beta^T X^T \cdot X \cdot \beta
 \end{aligned}$$

$$\frac{\partial S_{\varepsilon}}{\partial \beta} = -X^T y - X^T y + 2X^T X \beta = -2X^T y + 2X^T X \beta = 0 \quad \dots \dots \dots (4)$$

的式を満足する $\hat{\beta}$ を $\hat{\beta}$ とおけば

$$\hat{\beta} = (X^T X)^{-1} X^T y$$

$$= S^{-1} X^T y$$

ただし、 $S = X^T \cdot X$ であり、積和平方和マトリクスを示す。

以上から、回帰分析ステップ405では、 $\hat{\alpha}$ 式に従つて未知母数ベクトル $\hat{\alpha}$ を計算する。

第3図(A)～(E)は、上記した実施例を実運転中のボイラに適用して母数ベクトル ρ を求める。この ρ を(9)式へ代入して求めた計算値と実測値を比較したものである。NO_xは平常運用値を100%その他は規制値を100%として正規化して表

ここで、GIRは最低注入率

P G, G M の各注入率は、第 5 図から求める。G I 率が最低注入率 G I _l 以上すなわち混合ガス系の調整が活かされた運転モードにある時、排ガス組成（たとえば N O × 濃度）を調整するための操作量は次の手順で求める。まず、G I 率の初期値として、最低値 G I _l を設定する（ステップ 503）。（排ガス組成を目標値に達成できればボイラ効率の観点から G I 率は小さい方が良い。）次に、第 6 図の特性値を用いて発電出力と G I 率から G M F D を求める（ステップ 504）。これは G M F D の特性により決まるもので、あらかじめ測定しておく。次に、G M / P G 比の初期値を設定する（ステップ 505）。

$$GM / PG = GM \text{注入率} / PG \text{注入率} \quad \dots (20)$$

勿、(4)式から GMD, PGD を計算する (ステップ 506) 状態予測ステップ 507 では燃焼状態予測器 19 であらかじめ求められた母数ベクトル β を用いて、(9)式に従つて排ガス組成 (NO_x, CO, OP の各濃度) 及びスプレー水量を計算す

示したいずれもバラシキの大きい燃焼プロセスとしては良く一致しており、本実施例による統計的数学モデルで運転操作の前に排ガス組成及び蒸気温度の上昇を防ぐためのスプレー水量を予測できることが分かる。

第4図は本発明になる燃焼制御装置18における混合ガス調整器の一実施例を示すフロー図である。発電出力204が低い時には、一般にNOx濃度は低くなりまた総量も減少するので混合ガス調整不用のコメントをCRT(Cathode Ray Tube)に表示する。高負荷運転中において、下記の手順で動作する。

ステップ 501 で高負荷運転か否かを判定し
G I 率調整判定ステップ 502 では G I (Gas
Insert) 率を算式で求めた後、算出式に従つて、
処理内容を判定する。

$$G_I = PG\text{注入率} + GM\text{注入率} \quad \dots \dots (7)$$

$$G_I \geq G_{I_L} : \text{操作量の演算} \quad \dots \dots (8)$$

GI < GI_L : 混合ガス調整不可のコメント
表示 09

る。ただし(9)式中の ϵ は零とおく。

NO_xが目標値以下（ステップ508）になれば、GMFD、GM/PG比、CO、OP濃度、スプレー水量をCRTに表示する。目標値を達成できなければ、GM/PG比及びGI率を更新する（ステップ511、512）。操作範囲内で目標値を達成できなければ、（ステップ509、510）NO_x目標値変更（ステップ515）のコメントをCRTに表示するなどの実施の態様が考えられる。

またステップ501で高負荷運転か否かの判定を行ない高負荷運転でなければ混合ガス調整不要となる。またステップ508で判定した結果NO_xが目標値を満たしている場合にはGMF開度又はGM/PG比、その他の値を出力（またはCRT表示）する。またステップ502でGI率調整不可と判定されたときは、混合ガス調整不可を表示する。

以上述べたように本実施例によれば、運転員は
N O × 目標値を指定すれば、その目標を達成する

に必要な操作内容をただちに C.R.T. 画面（または他の表示あるいは出力装置）から読みとることができる。

本実施例では、操作内容を運転員に知らせ、最終判断を人間に委ねる方法を採つているが、操作端と直接に結合して自動制御ループを構成して、さらに操作を簡便にすることも可能である。

自動制御ループを構成する場合、状態予測 507において、CO、ばいじんの予測計算値がいずれか一方でも規定値あるいはそれを超えたとき、NO_x 値が目標に達成しなくとも処理を終了して操作量を出力するものとする。

また NO_x 減少指令が与えられたとき、ダンバ開度制御でどこまで減少可能かを表示せしめ、もしダンバ開度のみで NO_x 指令値が満足されない場合は出力自体を制御（制限）する必要がある旨の表示をあわせておこないオペレータに適切な情報を提供することも可能である。

本発明によれば、光化学スモッグ注意報発令時のような緊急的な対応が要請された場合に、目標

値を与えると自動的に操作内容を決定あるいは操作でき、運転対応の迅速化、省力化、的確化がはかれる。

図面の簡単な説明

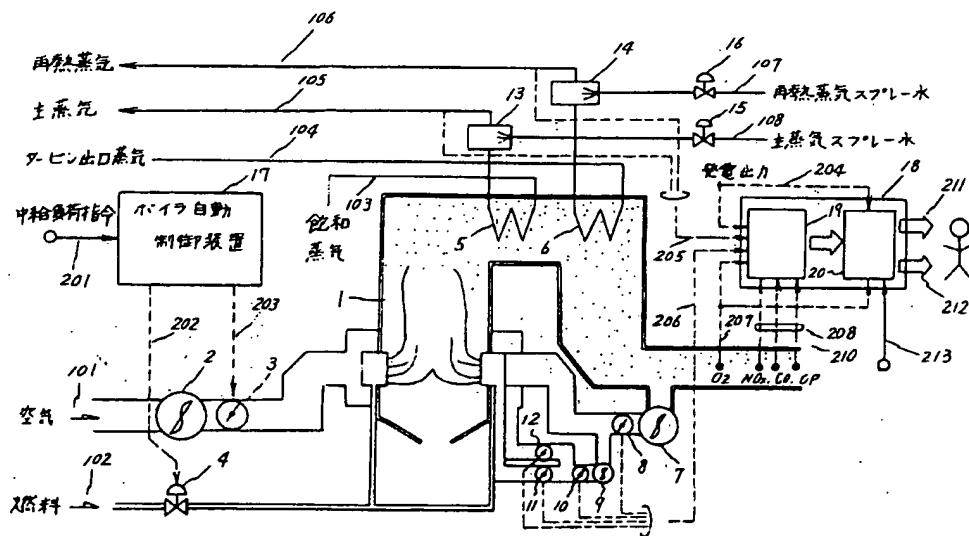
第1図は、本発明の一実施例の構成を、第2図は、上記実施例の動作フロー（その1）を、第3図は、上記実施例の効果を、第4図は、上記実施例の動作フロー（その2）を、第5図は、ダンバ開度特性（その1）を、第6図は、ダンバ開度特性（その2）を、それぞれ示す。

1…ボイラ、18…燃焼制御装置、19…燃焼状態予測器、20…混合ガス調整器、101…空気、102…燃料、103…飽和蒸気、104…タービン出口蒸気、107…再熱蒸気スプレー水。

代理人 弁理士 高橋明夫

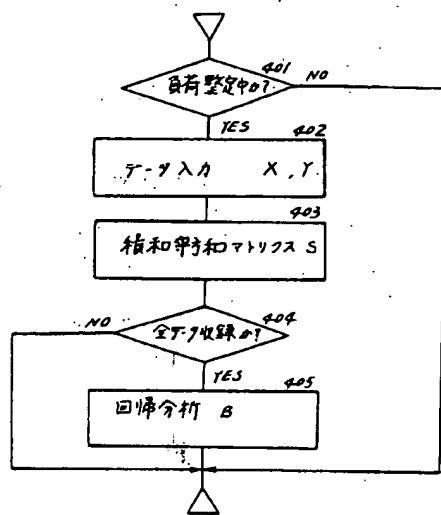


第1図

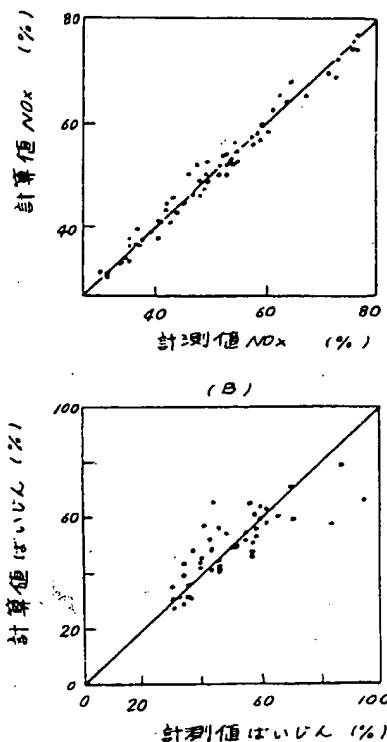


第3図

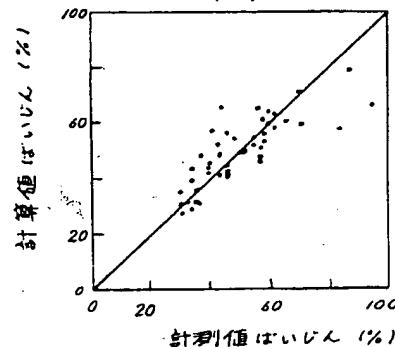
第2図



(A)

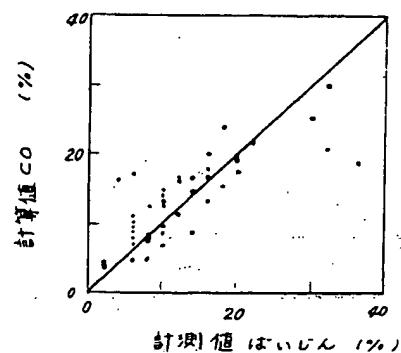


(B)



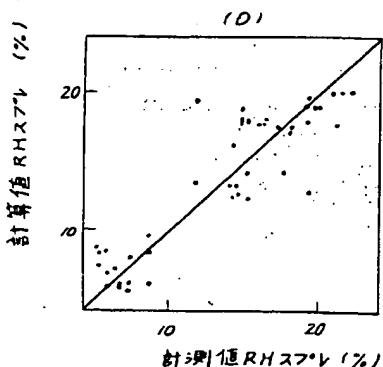
第3図

(C)



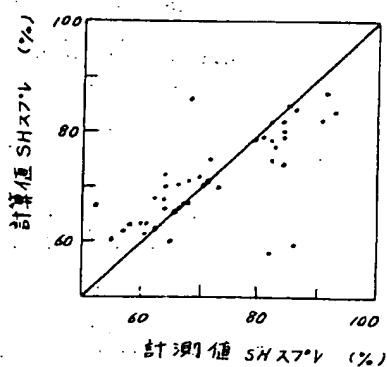
第3図

(D)

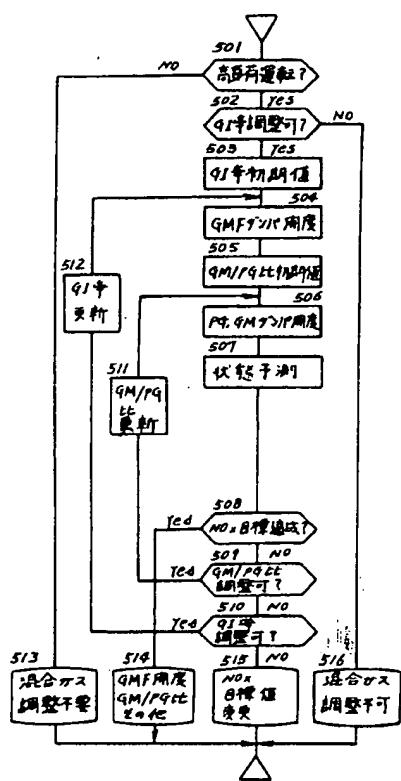


第3図

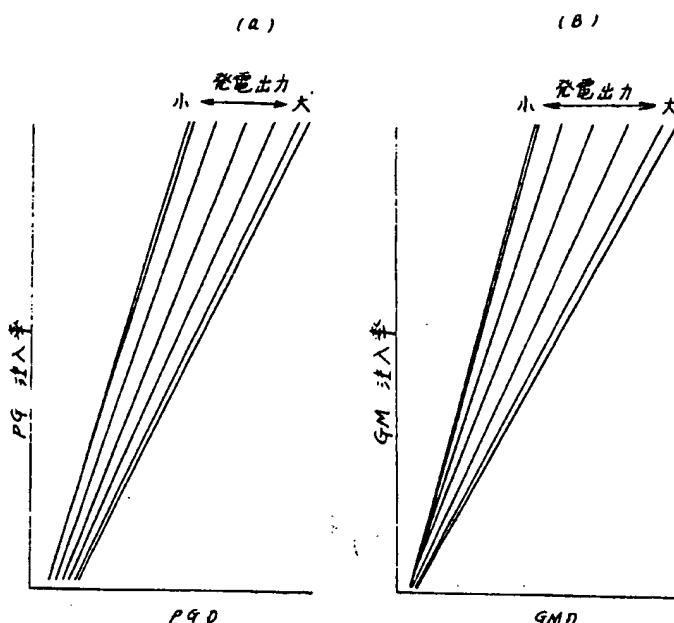
(E)



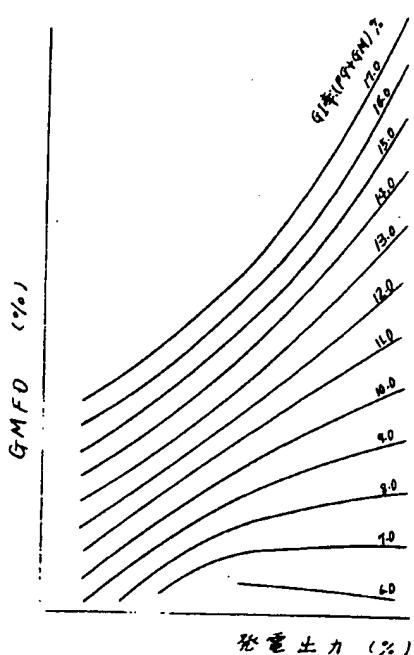
第4図



第5図



第6図



第1頁の続き

②発明者 諸岡泰男

日立市幸町3丁目1番1号株式会社日立製作所日立研究所内

②発明者 飯田宏

日立市大みか町5丁目2番1号株式会社日立製作所大みか工場内

①出願人 財團法人電力中央研究所
東京都千代田区大手町一丁目6番1号②出願人 株式会社日立製作所
東京都千代田区丸の内一丁目5番1号

PAT-NO: JP357196015A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 57196015 A

TITLE: MONITERING AND CONTROLLING METHOD OF
COMBUSTION
CONDITION IN BOILER

PUBN-DATE: December 1, 1982

INVENTOR-INFORMATION:

NAME
FUJIMOTO, TAKEETSU
MOCHIZUKI, KUNIHARU
SUZUKI, JIRO
SEMA, TORU
KURIHARA, NOBUO
MOROOKA, YASUO
IIDA, HIROSHI

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TOKYO ELECTRIC POWER CO INC:THE	N/A
CENTRAL RES INST OF ELECTRIC POWER IND	N/A
HITACHI LTD	N/A

APPL-NO: JP56080932

APPL-DATE: May 29, 1981

INT-CL (IPC): F23N005/00

US-CL-CURRENT: 431/76

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide an operation under a decreased volume of NO_X by a method wherein a signal relating to the feeding volume of exhaust gas for each of a plurality of dampers for adjusting the feeding volume of the exhaust gas into the furnace of a boiler is calculated in reference to the calculation model equation.

CONSTITUTION: A combustion control device 18 is composed of a combustion condition forecasting unit 19 and a mixture gas adjuster unit 20. The combustion condition forecasting unit 19 may receive an output of power generation 204, temperature of steam 205, a signal showing a degree of opening of damper for mixture gas 206, and a signal on composition of exhaust gas (O₂ gas signal 207, signal of concentration of NO_x, signal of concentration of CO 209, and a signal of concentration of OP 210) and provide a representative model of a relation between the composition of the exhaust gas and each of the quantity of states. And each of the data during an operation is calculated in reference to the model and the air damper 3, mixture gas damper 10, primary gas damper 11 and mixture gas damper 12 are controlled in such a way as the calculated composition of the exhaust gas may meet the required value.

COPYRIGHT: (C)1982,JPO&Japio